

PERBANDINGAN EFISIENSI SALURAN TRANSMISI JARAK PENDEK DAN MENENGAH UNTUK SIRKIT GANDA

Riza Pranata¹⁾, Yusmartato²⁾, Ramayulis Nasution³⁾, Armansyah⁴⁾

¹⁾Alumni, ^{2,3,4)}Dosen Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan
yusmartato@ft.uisu.ac.id; ramayulis@ft.uisu.ac.id; armansyah@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Pada dasarnya besarnya efisiensi pada saluran transmisi dapat dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang diberikan pada suatu jaringan transmisi tersebut. Oleh karena itu saluran transmisi yang dialiri arus listrik akan terdapat fluksi. Dengan timbulnya fluksi pada saluran transmisi akan terdapat kapasitansi yang dapat mempengaruhi besarnya aliran daya dari pusat pembangkit sampai kepada pusat beban. Aliran daya dapat pula dipengaruhi oleh tahanan dan induktansi yang terdapat pada penghantar. Pada tulisan ini penulis akan membahas mengenai perbandingan efisiensi saluran transmisi jarak pendek dan menengah untuk sirkit ganda. Dari hasil perhitungan nilai efisiensi untuk saluran transmisi jarak pendek dengan panjang saluran 25 mil adalah 95,935 %, sedangkan untuk saluran transmisi jarak menengah dengan panjang saluran 75 mil adalah 88,633 %

Kata-Kata Kunci : Transmisi, Efisiensi, Arus, Tegangan

I. Pendahuluan

Pada setiap penghantar yang dialiri arus listrik pasti akan terdapat fluksi pada penghantar tersebut, akibat timbulnya fluksi tersebut menyebabkan terjadinya medan listrik disekitar penghantar. Hal-hal yang tersebut di atas pada suatu saluran transmisi arus bolak-balik dapat menimbulkan masalah yang cukup serius, karena pada saluran transmisi akan timbul konstanta-konstanta listrik. Konstanta-konstanta listrik yang ditimbulkan ini akan menimbulkan efisiensi pada saluran transmisi.

Telah disebutkan mengapa permasalahan ini hanya timbul pada saluran transmisi arus bolak-balik, hal ini disebabkan pada saluran transmisi arus searah tidak terdapat frekuensi. Seperti yang kita ketahui reaktansi konduktif dan reaktansi kapasitif akan bernilai nol jika frekwensi sama dengan nol.

Efisiensi pada saluran transmisi dipengaruhi oleh beberapa hal :

1. Besarnya arus yang mengalir pada saluran
2. Resistansi pada saluran transmisi
3. Induktansi pada saluran transmisi
4. Kapasitansi pada saluran transmisi

Impedansi saluran ini mempunyai nilai yang berbeda untuk panjang kawat berbeda pada jenis dan ukuran kawat yang sama.

II. Tinjauan Pustaka

Parameter Saluran Transmisi

2.1. Resistansi

Resistansi dari suatu konduktor (kawat penghantar) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

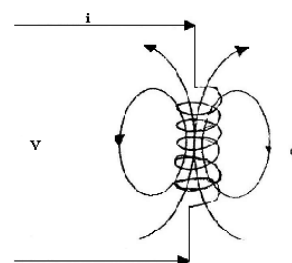
Di mana : ρ = Resistivitas
 l = Panjang kawat
 A = Luas penampang kawat

Dalam sistem MKS satuan untuk resistivitas diberikan dalam ohm-meter, panjang dalam meter dan luas dalam meter kuadrat. Sistem yang lain (CGS), satuan resistivitas diberikan dalam mikro ohm-centimeter, panjang dalam centimeter dan luas dalam centimeter kuadrat.

2.2. Induktansi

Induktansi dapat didefinisikan berdasarkan dua persamaan dasar sebagai berikut :

1. Tegangan induksi pada suatu kumparan (konduktor) adalah sama dengan perubahan fluksi lingkup yang melingkupi kumparan (koduktor) tersebut.



Gambar 1. Fluksi lingkup disekitar konduktor

$$V = \frac{d\tau}{dt}$$

Di mana :

V = Tegangan induksi pada kumparan (volt)
 τ = Fluksi lingkup (Wb-turn)

2. Jika tengangan induksi pada kumparan tersebut sebanding dengan perubahan fluksi, sedangkan perubahan fluksi sebanding dengan perubahan arus, maka tegangan induksi juga akan sebanding dengan perubahan arus. Secara matematika dapat ditulis sebagai berikut :

$$V = L \frac{di}{dt}$$

dari persamaan di atas diperoleh :

$$L \frac{di}{dt} = \frac{d\tau}{dt}$$

$$L = \frac{d\tau}{di}$$

Di mana :

L = Induktansi kumparan (henry)

Jika persamaan di atas diintegrasikan maka diperoleh :

$$Li = \tau$$

$$L = \frac{\tau}{i}$$

τ dan i adalah besaran sesaat, dalam bentuk phasor notasinya adalah :

$$\tau \rightarrow \psi$$

$$i \rightarrow I$$

jadi :

$$L = \frac{\psi}{I}$$

Pada suatu konduktor besar induktansi tergantung dari fluksi magnet di luar dan di dalam konduktor tersebut.

2.3. Kapasitansi

Kapasitansi adalah muatan persatuan beda potensial yaitu :

$$C = \frac{q}{v} \quad (\text{farad})$$

Di mana :

q = Muatan (coulomb)

v = Beda potensial (volt)

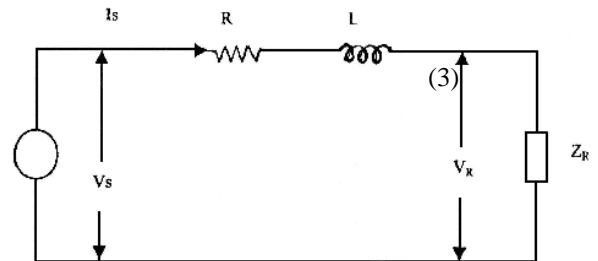
Apabila ada suatu konduktor bermuatan, maka akan terjadi beda potensial antara dua titik disekitar konduktor tersebut. Beda potensial kedua titik adalah sama dengan energi dalam joule percoulomb yang dibutuhkan untuk memindahkan suatu muatan positif dari titik yang terendah ke titik yang lebih tinggi potensialnya.

2.4. Saluran Transmisi Jarak Pendek

Pada saluran transmisi pendek kapasitansi sangat kecil dan belum berpengaruh pada aliran daya dari pusat pembangkit ke pusat beban, sehingga dapat diabaikan. Aliran daya hampir dipengaruhi oleh tahanan dan induktansi.

Untuk saluran transmisi 3 phasa yang seimbang dapat dianalisa satu persatu.

3.1.1. Analisa rangkaian ekuivalen saluran transmisi pendek



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen saluran transmisi pendek

Keterangan :

V_s = Tegangan ujung pengiriman (line to netral)

V_R = Tegangan ujung penerima (line to netral)

I_s = Arus ujung pengiriman

I_R = Arus ujung penerima

Persamaan tegangan pada ujung pengiriman :

$$V_s = V_R + (R + j\omega L) I_R$$

$$= V_R + (R + jX_L) I_R$$

$$= V_R + Z I_R \quad (5)$$

Di mana :

$$Z = R + j\omega L$$

Dan persamaan arus pada ujung pengiriman adalah :

$$I_s = I_R$$

Dalam bentuk matrik adalah :

$$\begin{bmatrix} V_s \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} \quad (20)$$

Jadi :

$$\begin{bmatrix} V_s \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

2.5. Efisiensi saluran transmisi

Efisiensi adalah perbandingan daya output (daya ujung penerima) dengan daya input (daya ujung pengirim), jadi :

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100\%$$

Di mana :

η = Efisiensi

$$P_R = \sqrt{3} V_R I_R \cos \phi$$

P_R = Daya pada ujung penerima

ϕ_R = Sudut antara V_R dengan I_R

$\cos \phi_R$ = Faktor daya ujung penerima

$$P_S = \sqrt{3} V_S I_S \cos \phi_s$$

P_S = Daya pada ujung pengirim

ϕ_s = Sudut antara V_s dengan I_s

$\cos \phi_s$ = Faktor daya ujung pengirim

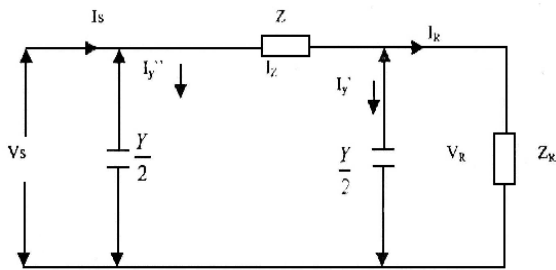
3.2. Saluran Transmisi Jarak Menengah

Pada saluran transmisi jarak menengah (panjangnya 50 – 150 mile), selain dari tahanan, induktansi dan kapasitansi dari saluran transmisi sudah mulai berpengaruh terhadap aliran daya.

Sebagai pendekatan, pada rangkaian ekivalen saluran transmisi jarak menengah, impedansi (z) dikumpulkan di tengah-tengah saluran dan admitansi paralel (Y) dikumpulkan sebahagian pada sisi ujung pengirim dan sebahagian pada sisi penerima, rangkaian seperti ini disebut “rangkaian nominal π ”.

Jika impedansi seri (z) dikumpulkan sebahagian pada sisi penerima dan sebahagian pada sisi ujung pengirim, sedangkan admitansi paralel (Y) dikumpulkan di tengah-tengah disebut “rangkaian nominal T”.

3.2.1. Analisa rangkaian ekivalen dengan menggunakan rangkaian nominal – π



Gambar 3. Rangkaian nominal – π

Arus pada $Y/2$ sisi ujung penerima adalah :

$$I_Y^1 = \frac{Y}{2} V_R$$

Arus pada impedansi z :

$$I_Z = I_Y^1 + I_R$$

Substitusikan persamaan di atas :

$$I_Z = \frac{Y}{2} V_R + I_R$$

Tegangan ujung pengiriman adalah :

$$V_S = z I_Z + V_R$$

Substitusikan persamaan (7) dan (8) :

$$\begin{aligned} V_S &= z \left(\frac{Y}{2} V_R + I_R \right) + V_R \\ &= \left(\frac{2Y}{2} + 1 \right) V_R + z I_R \end{aligned}$$

Arus pada $Y/2$ sisi ujung pengirim adalah :

$$I_Y^{11} = \frac{Y}{2} V_S$$

Substitusikan persamaan di atas diperoleh :

$$\begin{aligned} I_Y^{11} &= \frac{Y}{2} \left(z \frac{Y}{2} V_R + z I_R + V_R \right) \\ &= \frac{zY^2}{4} V_R + \frac{Y}{2} V_R + \frac{zY}{2} I_R \end{aligned}$$

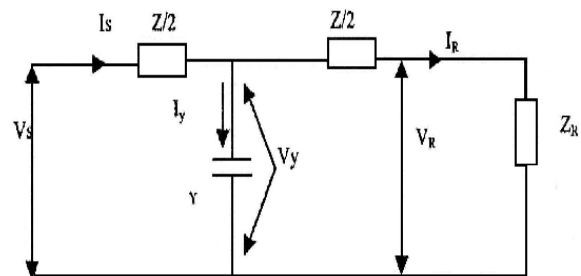
Arus pada ujung pengirim adalah :

$$I_S = I_Y^{11} + I_Z$$

Substitusikan persamaan di atas diperoleh :

$$\begin{aligned} I_S &= \frac{zY^2}{4} V_R + \frac{Y}{2} V_R + \frac{zY}{2} I_R + \frac{Y}{2} V_R + I_R \\ &= Y \left(\frac{zY}{4} + 1 \right) V_R + \left(\frac{zY}{2} + 1 \right) I_R \end{aligned}$$

3.2.2. Analisa rangkaian ekivalen dengan menggunakan rangkaian nominal – T



Gambar 4. Rangkaian nominal – T

Tegangan pada admitansi (Y) adalah :

$$V_Y = V_R + \frac{z}{2} I_R$$

Arus pada admitansi (Y) adalah :

$$\begin{aligned} I_Y &= Y V_Y \\ &= Y \left(V_R + \frac{z}{2} I_R \right) \end{aligned}$$

Maka arus pada ujung pengiriman adalah :

$$I_S = I_Y + I_R$$

Substitusikan persamaan di atas maka diperoleh :

$$\begin{aligned} I_S &= Y V_R + \frac{zY}{2} I_R + I_R \\ &= Y V_R + \left(\frac{zY}{2} + 1 \right) I_R \end{aligned}$$

Tegangan pada ujung pengiriman adalah :

$$V_S = \frac{z}{2} I_S + V_Y$$

Substitusikan persamaan-persamaannya maka diperoleh :

$$V_S = \frac{z}{2} \left(Y V_R + \frac{zY}{2} I_R + I_R \right) + V_R + \frac{z}{2} I_R$$

$$= \frac{z}{2} Y V_R + \frac{z^2 Y}{4} I_R + \frac{z}{2} I_R + V_R + \frac{z}{2} I_R$$

$$= \frac{z}{2} Y V_R + V_R + \frac{z^2 Y}{4} I_R + z I_R$$

Jadi :

$$V_S = \left(\frac{zY}{2} + 1 \right) V_R + z \left(\frac{zY}{4} + 1 \right) I_R$$

III. Analisa

3.1. Data Saluran Transmisi Yang Digunakan

Untuk mendapatkan perbandingan yang jelas, perlu dilakukan analisa rangkaian ekivalen dengan menggunakan nilai tertentu. Oleh sebab itu jenis konduktor, kapasitas beban, jarak antara kawat dan panjang saluran harus ditetapkan, jenis konduktor dapat dipilih dari Tabel 1.

Tabel 1. Data jenis dan ukuran kabel

Nama sandi	Diameter luar (in)	Reaktansi	
		AC 60 Hz, 20 ⁰ C (Ω/mil)	GMR Ds (ft)
Waxwing	0,609	0,3488	0,0198
Partridge	0,642	0,3452	0,0217
Ostrich	0,680	0,3070	0,0229
Maciin	0,684	0,2767	0,0222
Linoes	0,721	0,2737	0,0243
Oriole	0,741	0,2719	0,0255
Chokades	0,743	0,2342	0,0241
Ibis	0,783	0,2323	0,0264
Pamcan	0,814	0,1957	0,0264
Flicker	0,846	0,1943	0,0284
Hawk	0,858	0,1931	0,0289
Hen	0,883	0,1919	0,0304
Oapeny	0,879	0,1679	0,0284
Parakest	0,914	0,1669	0,0306
Dove	0,927	0,1663	0,0314
Rook	0,977	0,1461	0,0327
Groabeak	0,990	0,1454	0,0335
Drake	1,108	0,1172	0,0378
Tern	1,063	0,1188	0,0352

a. Konduktor

Jenis konduktor : ACSR
 Nama sandi : Ostrich
 Diameter luar : 0,680 in = 0,0568 ft
 GMR (Ds) : 0,0220 ft
 Hambatan (ohm/mile) : 0,3070 ohm/mile
 Jari-jari kawat : 0,0283 ft

b. Kapasitas beban

Tegangan : 150 KV
 Daya : 125 MW
 Frekuensi : 50 Hz
 Faktorisasi daya (cos ϕ) : 1

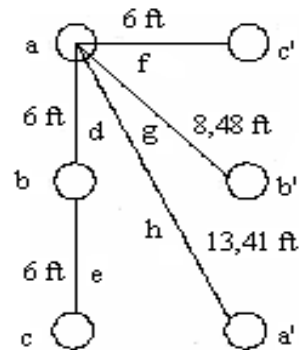
c. Panjang saluran

Saluran jarak pendek : 25 mile
 Saluran jarak menengah : 75 mile
 Jarak antara kawat : 6 ft

3.2. Penentuan Induktansi dan Kapasitansi Saluran

3.2.1. Induktansi

Jarak antara kawat = 6 ft



$$d = 6 \text{ ft}$$

$$f = 6 \text{ ft}$$

$$g = \sqrt{6^2 + 6^2} = \sqrt{72} = 8,48 \text{ ft}$$

$$h = \sqrt{12^2 + 6^2} = \sqrt{180} = 13,41 \text{ ft}$$

Induktansi / fasa :

$$L = 0,7411 \log 2^{1/6} \left(\frac{d}{r'} \right)^{1/2} \left(\frac{g}{h} \right)^{1/3}$$

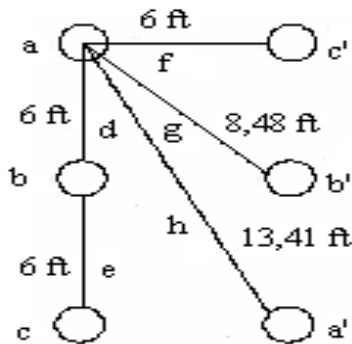
$$L = 0,7411 \log 2^{1/6} \left(\frac{6}{0,022} \right)^{1/2} \left(\frac{8,48}{13,41} \right)^{1/3}$$

$$L = 0,7411 \log (1,122 \times 16,51 \times 0,86)$$

$$L = 0,7411 \log 15,9 = 0,89 \text{ mH / mil / fasa}$$

3.2.2. Kapasitansi

Jarak antara kawat = 6 ft



$$d = 6 \text{ ft}$$

$$f = 6 \text{ ft}$$

$$g = \sqrt{6^2 + 6^2}$$

$$= \sqrt{72}$$

$$= 8,48 \text{ ft}$$

$$h = \sqrt{12^2 + 6^2}$$

$$= \sqrt{180}$$

$$= 13,41 \text{ ft}$$

Kapasitansi / phasa :

$$C = \frac{0,0388}{\log 2^{1/6} \left(\frac{d}{r} \right)^{1/2} \left(\frac{g}{h} \right)^{1/3}}$$

$$C = \frac{0,388}{\log 2^{1/6} \left(\frac{6}{0,0283} \right)^{1/2} \left(\frac{8,48}{13,41} \right)^{1/3}}$$

$$C = \frac{0,388}{\log (1,122 \times 14,56 \times 0,86)}$$

$$C = \frac{0,0388}{\log 14,566}$$

$$C = 0.0333 \mu f / \text{mile} / \text{phasa}$$

3.3. Efisiensi Saluran Transmisi Jarak Pendek

Jarak antara konduktor = 6 ft

Besar hambatan untuk jarak 25 mil

$$R = 0,307 \Omega/\text{mil}$$

$$R_t = 0,307 \Omega/\text{mil} \times 25 \text{ mil} = 7,675 \Omega$$

Reaktansi induktif :

$$X_L = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,89 \times 10^{-3} \Omega/\text{mil}$$

$$X_L = 0,274 \Omega/\text{mil}$$

$$X_{Lt} = 0,274 \Omega/\text{mil} \times 25 \text{ mil}$$

$$X_{Lt} = 6,98 \Omega$$

Impedansi saluran :

$$Z = R_t + j X_{Lt}$$

$$= 7,675 + j 6,98 \Omega$$

$$Z = 10,37 \angle 42,28^\circ$$

Arus beban :

$$I = \frac{P_R}{\sqrt{3} V_R \cos \phi}$$

$$I = \frac{125 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 150 \times 10^3 \times 1}$$

$$I = 481 \text{ Amp}$$

Tegangan ujung penerima phasa ke netral :

$$V_R = \frac{150000}{\sqrt{3}} = 86605 \angle 0^\circ \text{ Volt}$$

Tegangan ujung pengirim :

$$V_S = V_R + Z \cdot I$$

$$V_S = 86605 \angle 0^\circ + 481 \angle 0^\circ \cdot 10,37 \angle 42,28^\circ$$

$$V_S = 86605 \angle 0^\circ + 4987,97 \angle 42,28^\circ$$

$$V_S = (86605 + j0) + (3690,429 + j3355,6)$$

$$V_S = 90295,4 + j 3355,6$$

$$V_S = 90357,729 \angle 2,128^\circ$$

Tegangan ujung pengirim phasa ke phasa :

$$V_S = 90357,729 \angle 2,128^\circ \cdot \sqrt{3}$$

$$V_S = 156504,17 \angle 2,128^\circ$$

Kapasitas daya ujung pengirim (PS) :

$$P_S = \sqrt{3} \cdot V_S \cdot I$$

$$P_S = \sqrt{3} \cdot 156504,17 \cdot 481 \cdot \cos (2,128^\circ)$$

$$P_S = 130296278,1 \text{ watt} = 130,296 \text{ Mw}$$

Efisiensi saluran :

$$\eta = \frac{P_R}{P_S} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{125}{130,296} \times 100 \%$$

$$\eta = 95,935 \%$$

3.4. Efisiensi Saluran Transmisi Jarak Menengah

Jarak antara konduktor = 6 ft

Besar hambatan untuk jarak 75 mil :

$$R = 0,307 \Omega/\text{mil}$$

$$R_t = 0,307 \Omega/\text{mil} \times 75 \text{ mil}$$

$$R_t = 23,025 \Omega$$

Reaktansi induktif :

$$\begin{aligned}X_L &= 0,274 \, \Omega/\text{mil} \\X_{Lt} &= 0,274 \, \Omega/\text{mil} \times 75 \, \text{mil} \\X_{Lt} &= 20,55 \, \Omega\end{aligned}$$

Admitansi saluran :

$$\begin{aligned}Y &= G + j \omega C \\Y &= 0 + j 2 \pi f \times 0,0333 \times 10^{-6} \\Y &= j 2 (3,14) 50 (0,0333 \times 10^{-6}) \\Y &= j 10,4562 \cdot 10^{-6} \\Y &= 10,4562 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ \text{ mho/mil} \\Y_t &= 10,4562 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ \text{ mho} \times 75 \, \text{mil} \\Y_t &= 785,215 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ \text{ mho}\end{aligned}$$

Impedansi saluran :

$$\begin{aligned}Z &= 23,025 + j 20,55 \, \Omega \\Z &= 30,8616 \angle 41,75^\circ \, \Omega\end{aligned}$$

Tegangan pada ujung pengirim :

$$\begin{aligned}V_s &= \left(\frac{ZY}{2} + 1 \right) VR + ZI \\V_s &= \left(\frac{30,8618 \angle 41,75^\circ \times 784,215 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ}{2} + 1 \right) \times 86605 \angle 0^\circ \\&\quad + 30,8618 \angle 41,75^\circ \times 481 \angle 0^\circ \\&= (0,0121 \angle 131,75^\circ + 1) 86605 \angle 0^\circ + 14844,5258 \angle 41,75^\circ \\&= 1047,9205 \angle 131,75^\circ \times 86605 \angle 0^\circ + 14844,5258 \angle 41,75^\circ \\&= (-697,791 + j 781,808) 86605 + (11074,8679 + j 9884,6975) \\&= 96982,0769 + j 10666,5055 \\V_s &= 97566,8877 \angle 6,27^\circ\end{aligned}$$

Tegangan ujung pengirim fasa ke fasa :

$$\begin{aligned}V_s &= 97566,8877 \cdot \sqrt{3} \angle 6,27^\circ \\V_s &= 168900,8066 \angle 6,27^\circ \text{ Volt}\end{aligned}$$

Besar arus pada ujung pengirim :

$$\begin{aligned}I_s &= Y \left(\frac{ZY}{4} + 1 \right) V_R + \left(\frac{ZY}{2} + 1 \right) I_R \\I_s &= 784,215 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ \left(\frac{30,8618 \angle 41,75^\circ \times 784,215 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ}{4} + 1 \right) \\&\quad 86605 \angle 0^\circ + \left(\frac{30,8618 \angle 41,75^\circ \times 784,215 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ}{2} + 1 \right) 481 \angle 0^\circ \\&= 789,215 \cdot 10^{-6} \angle 90^\circ (0,00605 \angle 131,75^\circ + 1) \\&\quad 86605 + 0,0121 \angle 131,75^\circ + 1) 481 \angle 0^\circ \\&= 0,4109 \angle 221,75^\circ + 67,9169 \angle 90^\circ + 5,8201 \angle 131,75^\circ + 480 \angle 0^\circ \\&= (-0,30655 - j 0,27361) + (j 67,9169) + (-3,87549 + j 4,342) + (481) \\&= 476,8179 + j 71,98529 \\I_s &= 482,22 \angle 8,58^\circ \text{ A}\end{aligned}$$

Kapasitas daya ujung pengirim (P_s) :

$$\begin{aligned}P_s &= \sqrt{3} V_s I_s \cos \phi_s \\&= \sqrt{3} \times 168990,8066 \times 482,22 \times \cos (6,27^\circ - 8,58^\circ) \\&= 141031415 \text{ watt} = 141,031 \text{ Mw}\end{aligned}$$

Efisiensi saluran :

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_R}{P_s} 100 \% \\&= \frac{125}{141,031} 100 \% \\&= 88,633 \%\end{aligned}$$

Nilai hasil analisa di atas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil perhitungan

Jarak saluran	V_R (kV)	V_s (kV)	P_R (MW)	P_s (MW)	η (%)
Saluran transmisi pendek	150	156,504	125	130,296	95,935
Saluran transmisi menengah	150	168,99	125	141,031	88,633

V. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pada bab-bab sebelumnya diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Dari hasil analisa perhitungan nilai efisiensi untuk saluran transmisi jarak pendek dengan panjang saluran 25 mil adalah 95,935 %, sedangkan untuk saluran transmisi jarak menengah dengan panjang saluran 75 mil adalah 88,633 %. Jadi nilai efisiensi saluran transmisi akan semakin kecil jika jarak saluran transmisi semakin panjang.

2. Dari hasil perhitungan nilai impedansi pada saluran transmisi jarak pendek adalah $10,37 \angle 42,28^\circ \, \Omega$, sedangkan nilai impedansi untuk saluran transmisi jarak menengah adalah $30,8616 \angle 41,75^\circ \, \Omega$.
3. Nilai impedansi pada saluran transmisi jarak menengah jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai impedansi pada saluran transmisi jarak pendek, hal ini disebabkan karena semakin panjang saluran maka tahanan pada konduktor akan semakin besar.

4. Untuk jenis dan ukuran konduktor yang sama, jika panjang konduktor ditambah maka rugi-rugi daya saluran akan bertambah besar.
5. Pada suatu saluran transmisi hilangnya daya tidak dapat dihindarkan, ini disebabkan oleh adanya hambatan di dalam konduktor tersebut dan reaktansi induktif maupun kapasitif pada saluran transmisi

Daftar Pustaka

- [1] Abdul Kadir, 1998, *Transmisi Tenaga Listrik*, Jakarta: Universitas Indonesia
- [2] Abdul Kadir, 1986, *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, Lp3ES. Jakarta
- [3] Arismunandar, 1993, *Teknik Tenaga listrik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- [4] Aslimeri, dkk, Dkk., 2008, *Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 3*, Penerbit Direktorat Jendral Pendidikan Dasar Dan Menengah, Departmen Pendidikan Nasional.
- [5] A. Arismunandar dan DR. S. Kuwuhara, 1991, *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid III. Gadu induk*, PT. Pradnya Paramita Jakarta, Cetakan Kelima.
- [6] A.S. Pabla/Ir Abdul Hadi, 1991, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Penerbit Erlangga, Cetakan Kedua, Jakarta.
- [7] Warjiyono, 2015, *Analisis faktor pemilihan perguruan tinggi di Tegal berdasarkan jenjang pendidikan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*, Jurnal Evolusi Vol.3 No.2 .
- [8] M. Abdel S, 2000, *High Voltage Engineering. Theory dan Practice*.
- [9] *Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia (PUIL)* 2000.
- [10] Robert. D. Evans. 1950. *Electrical Transmisi and Distribusi*, Oxford & IBH Publishing,
- [11] S.L. Uppal, 1980, *Electrical Power*, New Delhi.
- [12] T.S. Hutaaruk Msc, 1993, *Transmisi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- [13] Turan Gonen, 1988, *Electric Power Transmission System Engineering*”, California State University Sacramento, California
- [14] Tobing L. Bonggas, 2003, *Peralatan Tegangan Tinggi*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- [15] Sudeshi Uppal B.A., *Electrical Power*, Khanna Publisher New Delhi.
- [16] Thayer, E.S.1924. *Computing Tension in Transmission Line*, Electrical World Magazine, p. 72-73.
- [17] PT. PLN, Lot 1: Paiton – Kediri, Vol. 3, *500kV Transmission Lines Paiton–Kediri–Klaten Projects*, 1997.
- [18] William D. Stevenson. Jr., 1982, *Analisa Sistem Tenaga*, edisi keempat, diterjemahkan oleh Budioni Ismail , Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya, Jakarta Timur.